UEBER

DIE BEI DER BELEUCHTUNG ENTSTEHENDE ELECTROMOTORISCHE KRAFT IM SELEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN FACULTÄT

DER

KAISER-WILHELM-UNIVERSITÄT ZU STRASSBURG

VORGELEGT

VON

W. VON ULJANIN

AUS MOSKAU.

MIT EINER TAFEL.

LEIPZIG,

JOHANN AMBROSIUS BARTH.

1888.

Alle Rechte vorbehalten.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

I. Einleitung.

Die Ersten, welche eine electromotorische Kraft bei der Beleuchtung des Selens bemerkten, waren Adams und Day.[1]) Ein im Sandbade krystallinisch gemachter Selenstab, an den als Electroden Platindrähte angeschmolzen waren, wurde an einem Ende beleuchtet. Es zeigte sich ein Strom vom dunklen Ende zum beleuchteten, manchmal aber umgekehrt. Ein zweiter Selenstab zeigte eine ganz ähnliche Erscheinung, ein drittes vom gleichen Stück abgebrochenes Stäbchen war nicht electromotorisch erregbar.

Erst im Jahre 1881 machte Kalischer[2]), eingedenk der Entdeckung von Adams und Day, einige Versuche in dieser Richtung. Er benutzte dazu eine Selenzelle, deren Electroden von zwei auf einer Glasröhre sehr nahe aufgewundenen Messingdrähten gebildet wurden. Er beleuchtete sie mit Sonnenlicht durch eine sich drehende durchlöcherte Scheibe und bekam einen Ton im Telephon. Nur eine Stelle des Präparates war electromotorisch erregbar, und diese war auch in Bezug auf die Widerstandsänderung die empfindlichere. Bei längerem Gebrauche entstand eine Ermüdung der Zelle, von der sie sich im Dunkeln nach einiger Zeit erholte. Der Widerstand der Zelle nahm mit der Zeit ab, und die Erregbarkeit wurde immer geringer, bis sie nach einigen Monaten ganz verschwand.

---

1) Adams u. Day, Proc. Roy. Soc. **25.** p. 113. 1876.
2) Kalischer, Rep. d. Phys. **17.** p. 563. 1881.

Besonderes Interesse verdienen die Arbeiten von Fritts.[1]) Er construirte eine ganz neue Art von Präparaten, welche zur Erzeugung von Strömen durch Beleuchtung sehr geeignet sind. Das Selen hat die Form eines sehr dünnen Scheibchens, welches durch Erwärmen krystallinisch gemacht ist. Eine Electrode wird durch ein Messingblech gebildet, an dem das Selen haftet, die andere besteht aus durchsichtigem Blattgold, durch welches hindurch das Präparat beleuchtet wird. Durch diese Anordnung entsteht der grosse Vorzug vor den früheren Präparaten, dass nur eine Electrode beleuchtet wird, während die andere im Dunklen bleibt. Die Hauptresultate seiner Beobachtungen in Bezug auf die auftretende electromotorische Kraft lassen sich in Folgendem zusammenfassen:

1) Viele von den Präparaten zeigen bei Beleuchtung eine beträchtliche[2]) Potentialdifferenz. Der Strom, welcher von der hinteren Electrode durch die äussere Leitung zur vorderen Goldelectrode fliesst, ist constant. Der Strom erscheint sogleich bei der Beleuchtung und verschwindet ebenso schnell beim Verdunkeln. (Fritts spricht die Vermuthung aus, dass bei diesen Selenelementen die Lichtenergie direct in electrische Energie verwandelt werde.)

2) Es scheint kein Zusammenhang zu sein zwischen der Widerstandsempfindlichkeit und der Erregbarkeit der Präparate. Die besten Photoelemente sind stark polarisirbar und zeigen eine starke Widerstandsänderung beim Umkehren des Stromes.

Bald nach Erscheinen dieser Fritts'schen Arbeiten theilte Siemens[3]) der Berliner Academie einige Versuche mit zwei ihm von Fritts gesandten Selenelementen mit. Eines derselben gab einen beständigen Strom bei der Beleuchtung, der bis zum Aufhören derselben ungeschwächt fortdauerte. Er erklärt sich mit der Vermuthung von Fritts,

1) Fritts, Sill. Journ. **126.** p. 465. 1883 u. Lumière électrique. **15.** p. 226. 1885.

2) Die Grösse derselben ist nicht angegeben.

3) Siemens, Berl. Ber. 1885. p. 147; Phil. Mag. (5) **19.** p. 315. 1885.

dass der entstehende Strom direct verwandelte Lichtenergie sei, einverstanden.

Auf Veranlassung von Hrn. Prof. Kundt habe ich die Untersuchung über Erzeugung electromotorischer Kräfte im Selen durch Beleuchtung nochmals aufgenommen. Die Hauptaufgabe war, eine zuverlässige Methode zur Herstellung wirksamer Selenpräparate zu finden.

II. Die verschiedenen Selensorten.

Ich hatte im ganzen drei verschiedene Selensorten zur Verfügung, welche aus drei verschiedenen Fabriken als chemisch-reines Selen in Stäben bezogen worden waren.

Nr. I, von Nöllner in Darmstadt, war röthlichbraun, zeigte im geschmolzenen Zustande eine spiegelglatte Oberfläche, welche beim raschen Abkühlen auch so erstarrte, und hatte die Eigenschaft, durch Erwärmen sehr leicht und schnell in eine mattgraue krystallinische Modification überzugehen.

Nr. II, von Trommsdorff in Erfurt, war glänzend schwarz. Geschmolzen hatte es eine matte Oberfläche, es war gleichsam mit einer Haut bedeckt. Beim raschen Abkühlen blieb die Oberfläche theilweise mattschwarz und uneben. Es krystallisirte beim Erwärmen nicht so schnell.

Nr. III, von Merck in Darmstadt, war ebenfalls glänzend schwarz, zeigte aber geschmolzen eine glänzende Oberfläche wie Nr. I. Es krystallisirte noch leichter als Nr. I.

Hr. Prof. Rose hatte die Freundlichkeit, diese drei Selensorten im hiesigen chemischen Institute quantitativ untersuchen zu lassen, wofür ich ihm an dieser Stelle meinen Dank aussprechen möchte. Das Resultat der Analyse ist in folgender Tabelle zusammengestellt, wobei die Zahlen Procente bedeuten. Die eingeklammerten Zahlen geben die Maximalmengen an, welche vorhanden sein können. Wahrscheinlich sind die wirklich vorhandenen Mengen noch beträchtlich geringer.

	Nr. I	Nr. II	Nr. III
S	1,22	0,11	0,17
Hg	(0,05)	0,12	—
Sb	(0,22)	(0,13)	—
As	(0,07)	(0,03)	—
Pb, Bi, Cu	(0,11)	(0,19)	—

Ich muss gleich hier bemerken, dass in den fertigen Präparaten diese drei verschiedenen Selensorten keinen merklichen Unterschied zeigten; daraus folgt, dass innerhalb dieser Grenzen die beigemengten fremden Metalle keinen Einfluss auf die Eigenschaft der Präparate haben.

Nr. I ist zur Herstellung der empfindlichen Präparate nach der endgültigen Methode nicht verwendet worden. Dieselben sind entweder aus Nr. II oder III hergestellt.

III. Herstellung der Präparate.

Vor allem versuchte ich, Präparate in der Art der Fritts'schen herzustellen, da ich den grossen Vorzug einsah, welchen eine Beleuchtung in der Richtung des Stromes bietet. Leider aber sind von Fritts in seinen Arbeiten gar keine näheren Angaben gemacht über die Art und Weise, wie er den Strom von der Goldelectrode weiterführt. Ich versuchte es auf verschiedene Weise, sowohl durch Anklemmen eines Stanniolkissens, als auch durch Anlöthen. Beide Contacte waren sehr unsicher. Ferner haftete das angedrückte Blattgold nicht fest am Selen, sondern blätterte sich mit der Zeit ab. Nebenbei machte ich einige Präparate nach den früheren Mustern von Siemens, Adams und Day, Bidwell. Zwei Drähte von gleichen oder auch verschiedenen Metallen wurden möglichst nahe auf eine Glasplatte aufgewickelt und die Zwischenräume zwischen ihnen mit Selen ausgefüllt. Diese Präparate zeigten bei der Beleuchtung eine Widerstandsabnahme bis zu 80 Proc., aber absolut keine electromotorische Kraft. Auf den Rath von Hrn. Prof. Kundt ersetzte ich nun das Gold an den Fritts'schen Präparaten durch Platinspiegel.[1]) Ausser ihrer Festigkeit haben solche Spiegel vor dem Blattgold den grossen Vorzug, dass sie das ganze Spectrum fast gleichmässig abgeschwächt hindurchlassen. Es wurde also nun an ein auf einem Messingblech krystallinisch gemachtes Selenscheibchen als zweite Electrode ein Stück Platinspiegel mit einer Klemme fest angepresst. Zur Weiter-

1) Glas, auf welchem eine dünne, durchsichtige Platinschicht eingebrannt ist.

leitung des Stromes wurde an das Platinglas ein Streifchen Messingblech angelöthet. Als sich mehrere mal die Selenplättchen beim Krystallinischmachen von ihrer Messingunterlage trennten, klemmte ich sie zwischen zwei Platinspiegel, um sie von beiden Seiten beleuchten zu können. Auf diese Weise wurden sehr viele Präparate hergestellt, welche bei der Beleuchtung eine electromotorische Kraft zeigten. Dass durch das Anklemmen der Contact zwischen Selen und Platinspiegel ein schlechter und leicht veränderlicher war, war nicht von wesentlicher Bedeutung, da die electromotorischen Kräfte am Electrometer gemessen wurden. Später überzeugte ich mich, dass die Präparate ebenso empfindlich wurden, wenn das Selen, anstatt auf Messing, auf Glas geschmolzen wurde. Dies erlaubte nun, das Selen gleich zwischen den als Electroden dienenden Platinspiegeln zu schmelzen. Dadurch wurde der Contact zwischen Selen und Platinspiegeln ein viel besserer, und deshalb der Widerstand ein kleinerer als früher. Erst dann wurde es möglich, ein Galvanometer zu benutzen. Nach der zuletzt erwähnten Methode, welche sich besser als die vorhergehenden bewährte, werden die Präparate folgendermassen hergestellt:

Zwei gleich grosse Stücke Platinglas, auf welchen das Platin fest eingebrannt ist, werden, nachdem sie sorgfältig mit einem Leder abgerieben worden sind, auf eine dicke Eisenplatte gelegt, welche von unten mit einem Bunsen'schen Brenner erhitzt wird. Wenn die Spiegel heiss genug sind, wird der eine von ihnen mit einem Selenstäbchen bestrichen, der andere wird dann sogleich heiss darauf gedrückt, nachdem vorher zur Verhütung einer directen Berührung beider Platinspiegel dünne Glimmerstreifchen aufgelegt worden sind. Die beiden Spiegel werden so aufeinander gelegt, dass von jedem ein Stück über den Rand des anderen herausragt. An diese werden die Messingstreifen angelöthet. Sodann wird das Präparat von der heissen Metallplatte abgenommen und zwischen mehreren Lagen Papier unter dem Drucke eines Gewichtes abgekühlt. Die Selenschichte nimmt dann die Dicke der dazwischen liegenden Glimmerstreifchen an. — Dieselbe betrug 0,05 bis 0,15 mm.

Wenn die Selenschicht erstarrt ist, haften die zwei Gläser so fest zusammen, dass sie kaum auseinander zu reissen sind. Da aber das Selen im krystallinischen Zustande brüchiger ist, wurden die Präparate mit zwei Drähten zusammengebunden.

Die Ueberführung des Selens aus dem amorphen Zustand in einen krystallinischen, wodurch erst das Präparat für Licht empfindlich wird, geschieht allgemein durch sehr langes Erwärmen und sehr langsames Abkühlen. Fritts gibt eine bestimmte Vorschrift, nach der zu verfahren wäre, nicht an. Man muss sich deshalb an die Angaben früherer Beobachter halten.

Adams und Day[1]) gruben in ein Sandbad eine zur Rothgluht erhitzte eiserne Kugel ein, nahmen sie nach einiger Zeit heraus und setzten an ihre Stelle das Selenpräparat. Die zahlreichsten und genauesten Untersuchungen über die bei verschiedenen Temperaturen erhaltenen Selenmodificationen machte Siemens.[2]) Er fand, dass man durch Erhitzen auf 100° eine andere Modification erhält, als durch Erhitzen auf 200°. Die erste Modification, die „krystallinische", leitet wie ein Electrolyt, d. h. ihr Widerstand nimmt mit wachsender Temperatur ab; die zweite, die „metallische", ändert ihre Leitungsfähigkeit wie die Metalle. Diese fand er in Bezug auf die Widerstandsänderung viel lichtempfindlicher als die „krystallinische". Er benutzte ein Bad von Steinöl und erhitzte zwei Stunden lang.

Ich versuchte der Einfachheit halber das Sandbad; die Präparate wurden, in Papier gewickelt, in die Mitte eines ziemlich grossen Sandbades vergraben. Dasselbe wurde mit einem grossen Gasbrenner erhitzt. Wenn die Temperatur bis 200° gestiegen war, wurde der Gashahn abgedreht und die Präparate erst dann herausgenommen, wenn sich das Sandbad abgekühlt hatte. Dies dauerte 3—4 Stunden. Auf diese Weise erhielt ich sehr viele empfindliche Präparate, nur war diese Methode nicht sicher; oft sind ganze Partien,

1) Adams u. Day, l. c.

2) Siemens, Pogg. Ann. **159.** p. 117. 1876 und Wied. Ann. **2.** p. 521. 1877.

welche auf einmal im Sandbad erwärmt wurden, unempfindlich ausgefallen. Auch wurden die empfindlichen Präparate durchaus nicht alle gleich, sondern zeigten oft die verschiedensten Eigenschaften.

Bell[1]) sagt in der Beschreibung seines Photophons, die beste und schnellste Methode, das Selen empfindlich zu machen, sei, das Präparat auf einer dicken Metallplatte nicht ganz bis zur Schmelztemperatur zu erhitzen; dann gehe sehr schnell das amorphe Selen in körniges, krystallinisches über, man könne es dann beliebig schnell abkühlen. Auf diese Weise gelang es mir, einige recht empfindliche Präparate herzustellen. Vortheilhaft ist diese Methode hauptsächlich wegen der kurzen Zeit, die sie erfordert; in einigen Minuten verwandelt sich die schwarze, glänzende Selenoberfläche in eine mattgraue, körnige, und das Präparat ist fertig. Nur ist diese Methode noch unsicherer als die vorhergehende, weil jede Controle über die erreichte Temperatur unmöglich ist.

Zuletzt wandte ich die Siemens'sche Methode an, welche sich auch als die bei weitem beste erwies. Es wurden zu diesem Zwecke die Präparate in ein Paraffinbad von 195° gesteckt, welches zwei Stunden lang mit einem Thermostaten auf dieser Temperatur gehalten wurde. Die Präparate wurden erst dann herausgenommen, wenn das Paraffin erstarrt war. Hier muss ich bemerken, dass ein langsames Abkühlen nothwendig zu sein scheint, denn als einmal die Präparate aus dem heissen Paraffin herausgenommen wurden, zeigten sie alle eine viel geringere Empfindlichkeit, als die anderen. Durch nochmaliges Eintauchen in Paraffin von 195° und langsames Abkühlen wurden sie bedeutend empfindlicher. Alle Präparate, bei welchen das Selen zwischen den zwei Platinspiegeln geschmolzen worden war, und welche auf die eben beschriebene Weise im Paraffinbad krystallinisch gemacht wurden, zeigten eine viel stärkere electromotorische Kraft und einen geringeren Widerstand als die früheren; ferner hatten sie ganz übereinstimmende Eigenschaften gegen

1) Bell, Ann. de chim. et de phys. (5) **31.** p. 399. 1880.

das Licht, sodass diese Methode als eine vollständig sichere zu bezeichnen ist. Ich erhitzte auch einige Präparate in einem Paraffinbad von 100°, um die Siemens'sche „krystallinische" Modification zu untersuchen. Dieselben zeigten sämmtlich weder eine Spur von electromotorischer Kraft noch Abnahme ihres Widerstandes bei der Beleuchtung. In Bezug auf die Aenderung des Widerstandes beider Modificationen mit der Temperatur stimmten einige Beobachtungen, die ich anstellte, mit den Angaben von Siemens überein.

Die früher im Sandbade hergestellten Präparate bestehen wahrscheinlich aus Mischungen der bei 100° und der bei 200° entstehenden Modificationen, da sie langsam bis zu 200° erwärmt wurden. Diese Präparate bilden auch demgemäss eine Zwischenstufe zwischen den auf 100° erwärmten unempfindlichen und den bis 200° erwärmten sehr empfindlichen Präparaten. Die Ungleichheit der einzelnen Präparate erklärt sich durch die nicht immer gleiche Vertheilung der beiden Selenmodificationen. Bestätigt wird diese Vermuthung durch das Aussehen des Selens von verschiedenen Präparaten unter dem Mikroskop. Eine Bruchfläche oder eine durch Abschleifen mit feinstem Schmirgel hergestellte Fläche eines Selenstückes von einem unempfindlichen Präparat, das nur bis 100° erwärmt wurde, ist gleichmässig krystallinisch mit scheinbar abgerundeten Unebenheiten. Eine gleich hergestellte Fläche eines Stückes von einem empfindlichen Präparat, das auf 195° im Paraffinbad erwärmt wurde, erscheint unter dem Mikroskop viel verwachsener, schneeflockenähnlich, und zeigt dabei eine hellere, graue Färbung. Die im Sandbad krystallinisch gemachten Präparate, von denen sehr viele im Mikroskop betrachtet wurden, zeigen verschieden gestaltete Oberflächen, welche bald mehr der einen, bald mehr der anderen der oben beschriebenen Modificationen gleichkommen. In vielen derartigen Präparaten sind beide Modificationen leicht zu unterscheiden. Das Präparat, von welchem ein Stück auf der Tafel abgebildet ist, ist an den Rändern ganz der empfindlichen helleren Modification gleich. Gegen die Mitte sind aber Stücke der anderen dunkleren Modification eingewachsen. Die Abbildung stellt eine solche Stelle dar.

IV. Versuchsanordnung.

Zur Beleuchtung der Präparate diente ein Kästchen mit einer Seitenöffnung, vor welche vom Beobachtungsplatz aus mittelst einer Schnur eine Verschlussplatte gezogen werden konnte. Die an die Platinspiegel gelötheten Messingelectroden wurden in zwei Quecksilbernäpfe im Innern des Kästchens eingesetzt. Zur Absorption der Wärmestrahlen stand vor dem Kästchen immer ein planparalleles Gefäss von 10 cm Dicke mit Alaunlösung. Wenn nur möglich, wurde zur Beleuchtung Sonnenlicht gebraucht, welches mittelst eines Heliostaten auf das Präparat geworfen wurde. Zwischen Alaunlösung und Präparat stand eine Linse, welche das Licht auf letzteres concentrirte. Wenn die Sonne versagte, wurde electrisches Bogenlicht verwendet.

Anfangs wurde zur Messung der Potentialdifferenzen ein Thomson'sches Quadrantelectrometer gebraucht; es erwies sich aber etwas zu unempfindlich, und es wurden deshalb die Messungen mit dem Lippmann'schen Capillarelectrometer ausgeführt. Gewöhnlich wurde die Quecksilberkuppe nicht mittelst der Druckvorrichtung auf den Nullpunkt zurückgebracht, sondern ihre Verschiebung direct an einer im Mikroskop befindlichen Ocularscala mit 80 Theilstrichen abgelesen. Die Empfindlichkeit der Capillaren war so gewählt, dass die Verschiebung um einen Scalentheil einer Potentialdifferenz von 0,0008 Volt entsprach. Nur später bei den sehr empfindlichen Präparaten musste ich zur Messung der grösseren Potentialdifferenz die Druckvorrichtung gebrauchen. Ein Vorzug dieser verhältnissmässig geringen Empfindlichkeit ist die momentane, präcise Einstellung und rasche, völlige Rückkehr zum Nullpunkt. Das Instrument wurde mehrere male calibrirt.

Zur Messung des Widerstandes konnte das Präparat durch Umlegen einer Wippe als vierter Zweig in eine Wheatstone'sche Brückencombination eingeführt werden; als Vergleichswiderstand diente ein grosser Hartmann'scher Stöpselrheostat mit einem Gesammtwiderstand von 11 000 Ohm. Die beiden anderen Zweige wurden gebildet durch Wider-

standsrollen von (respective) 10, 100, 1000 und 0,1, 1, 10, 100, 1000 Ohm, sodass ein beliebiges Verhältniss eingeführt werden konnte. Das Galvanometer war ein Wiedemann'sches mit 6038 Ohm Widerstand, es war stark astasirt. Zwei Leclanché-Elemente lieferten den Strom. Bei dieser Anordnung war es möglich, Widerstände von der Ordnung 10^7 noch bis auf 10 Proc. genau zu messen. Bei Präparaten, welche beleuchtet einen grossen Ausschlag am Galvanometer gaben, also einen verhältnissmässig geringen Widerstand und grosse electromotorische Erregbarkeit hatten, wurde, wenn sie beleuchtet waren, der Widerstand dadurch gemessen, dass in den Galvanometerstromkreis noch ein bekannter grösserer Widerstand eingeschaltet wurde; aus der Abnahme des Ausschlages wurde der Widerstand berechnet. Es konnte ferner der Strom zweier Leclanché-Elemente direct durch das Präparat in beliebiger Richtung hindurchgeschickt werden, um dasselbe in Bezug auf seine Polarisationsfähigkeit zu untersuchen. Ebenso konnte der Wechselstrom eines kleinen Inductors, der von vier Leclanché-Elementen erregt wurde, hindurchgeleitet werden. Schliesslich war noch die Einrichtung getroffen, dass das Präparat direct mit dem Galvanometer verbunden werden konnte, um die durch Beleuchtung auftretenden Ströme an demselben zu messen.

V. Beobachtungen.

a) Eigenschaften der Präparate.

Es wird am besten sein, mit der Besprechung der nach der endgültigen Methode hergestellten Präparate zu beginnen. Sie zeigten viel übereinstimmendere Eigenschaften, als alle früheren.

In allen diesen Präparaten ruft die Beleuchtung eine electromotorische Kraft hervor, immer in dem Sinne, dass die beleuchtete Seite negativ[1]) wird. Eine derart gerichtete

1) Negativ ist so zu verstehen, dass die beleuchtete Seite am Electrometer einen Ausschlag im gleichen Sinne hervorruft, wie der Zinkpol eines Daniellelementes.

Potentialdifferenz soll in Folgendem als die „normale“, die entgegengesetzte als die „anomale“ bezeichnet werden.

Im Dunkeln zeigten sämmtliche Präparate keine Spur von Potentialdifferenz, was sich leicht daraus erklären lässt, dass sie ganz symmetrisch in Bezug auf ihre Electroden hergestellt worden waren. Einige waren durch einen hindurchgesandten Strom gar nicht polarisirbar, andere sehr schwach, wieder andere in erheblicherem Maasse. Bei den letzteren konnte die Lichtwirkung untersucht werden, wenn im Dunkeln ein Polarisationsausschlag vorhanden war. Hierbei zeigten dieselben folgende Eigenschaft: Wenn die Polarisation so gerichtet ist, dass durch Beleuchtung eine Zunahme des schon vorhandenen Ausschlages stattfinden würde, so tritt diese nur bis zu einer gewissen Grösse der Polarisation auf und wird desto kleiner, je näher an diese Grenze die Polarisation rückt. Ueber diese Grenze hinaus tritt keine Zunahme des Ausschlages mehr ein, sondern eine Abnahme, und diese Abnahme ist desto grösser, je grösser die Polarisation vorher war. Diese Grenze ist an den verschiedenen Präparaten verschieden weit hinausgerückt.

Bei den nach der endgültigen Methode hergestellten Präparaten war nicht nur die durch Beleuchtung erzeugte Potentialdifferenz grösser als bei den früheren, sondern ihr Widerstand war durchschnittlich geringer und nahm mehr ab durch Beleuchtung. Daher gaben sie beleuchtet in der Regel einen ziemlich grossen Ausschlag am Galvanometer. (Die früheren Präparate konnten nur am Electrometer gemessen werden.) Das Galvanometer wurde auf absolutes Maass calibrirt; es gab für 2.10^{-7} Ampère 45 Scalentheile Ausschlag. War der Ausschlag am Galvanometer zu gross, so wurde ein Nebenschluss eingeschaltet und der Ausschlag auf die frühere Empfindlichkeit umgerechnet. Der durch das Präparat hindurchgelassene Wechselstrom eines kleinen Inductors vergrösserte in der Regel den Widerstand und zugleich auch die Empfindlichkeit. Dies wurde hauptsächlich an den früheren, weniger empfindlichen Präparaten beobachtet, wenn dieselben mit der Zeit unempfindlicher geworden waren.

In folgenden zwei Tabellen sind die an den empfind-

licheren Präparaten gemachten Beobachtungen zusammengestellt. Die Messungen am Electrometer sind auf 0,001 Volt reducirt, die am Galvanometer in Scalentheilen angegeben. Die Widerstände bedeuten Ohm. Wo nicht anders angegeben, geschah die Beleuchtung mit Sonnenlicht. I und II bedeuten die beiden Seiten des Präparates.

Tabelle I.

Nr.	Datum	Polar.	Electrom.		Galvanom.		Widerstand	
			bel. I	bel. II	bel. I	bel. II	dunkel	beleuchtet
108	6. Juli	0	52 100	64 82	236	218	240 000	—
	8. „	—	—	—	221	270	—	—
	9. „	—	—	—	122 122 [1])	179 213 [2])	—	—
	11. „	—	100	100	—	—	—	—
	13. „	schwach	82	82	—	—	20 000	—
	14. „	stark [3])	76	82	120	216	15 000	—
	15. „	—	84	—	230	—	—	—
	23. „	—	—	—	98 [4])	185 [4])	—	—
	30. „	—	—	—	74	93	—	—
	4. Aug.	—	58	56	—	—	—	—
110	6. Juli	—	37	24	38	18	900 000	I 300 000
	8. „	—	50	50	—	—	—	—
	14. „	0	37	30	18	6	1,4 Mill.	II 0,5 Mill.
	17. „	0	58	52	66	63	—	—
	30. „	—	—	—	12	10	—	—
	4. Aug.	—	26	27	—	—	—	—
113 [5])	8. Juli	—	9	3	—	—	—	—
	12. „	—	16	15	—	—	100 Mill.	—
	17. „	sehr schwach	21	21	—	—	—	—
	4. Aug.	—	1,6	6	—	—	—	—
115	9. Juli	—	26	88	79	314	—	—
	12. „	stark kurz	30	68	56	119	45 000	—
	13. „	—	24 [4])	69 [4])	—	—	—	—
	17. „	schwach	25 [4])	52 [4])	57 [4])	112 [4])	—	—
	4. Aug.		2,3	22	—	—	—	—
116	14. Juli	schwach	19	6	75	34	40 000	I 20 000
	17. „	—	30	6	115	24	—	—
	30. „	—	—	—	10	4	—	—
	4. Aug.	—	14	7	—	—	—	—
118	15. Juli	—	1,6	1,6	70	70	530	486
	17. „	—	4	3	147	105	—	—
	30. „	—	0,4	—	15	8	—	—
	4. Aug.	—	2,3	3	—	—	—	—
119	15. Juli	stark [3])	5	7	50	48	20 000	II 12 000
	17. „	schwach	5	25	110	217	10 000	II 6 000
	30. „	—	—	—	12	4	—	—
	4. Aug.	—	0,4	0 [6])	—	—	—	—

Nr.	Datum	Polar.	Electrom.		Galvan.		Widerstand	
			bel. I	bel. II	bel. I	bel. II	dunkel	beleuchtet
120	20. Juli	—	—	—	1900	850	—	—
	21. „	schwach	120	82	—	—	40 000	I 16 000
	23. „	—	—	—	307 [7])	292 [7])	—	—
	30. „	—	—	23	87	47	—	—
	4. Aug.	—	35	31	—	—	—	—
121	20. Juli	—	—	—	87 [7])	218 [7])	—	—
	21. „	stark [3]) kurz	15	21	—	—	I 80 000 II 80 000	I 10 000 [8]) II 12 000
	23. „	—	—	—	137 [4])[7])	195 [4])[7])	—	—
	30. „	—	5	8	13	31	—	—
	4. Aug.	—	8	14	—	—	—	—
122	20. Juli	—	—	—	4000	3000	—	—
	21. „	sehr schwach	79	74	—	—	I 27 000 II 27 000	I 7 000 [8]) II 7 000
	22. „	—	—	—	1700 [9])	1700 [9])	—	—
	29. „	sehr schwach	35 48	37 41	320 630	325 490	41 000	I 20 000
	2. Aug.	—	—	—	55 [10])	58 [10])	—	—
	3. „	—	13 [10])	11 [10])	94 [10])	78 [10])	59 000	I 34 000 [10])[8]) II 29 000 [10])
123	20. Juli	—	—	—	189	279	—	—
	21. „	stark kurz	30	19	—	—	I 500 000 II 600 000	I 140 000 II 150 000
	23. „	—	—	—	168 [9])	216 [9])	—	—
	29. „	stark [3])	15	26	41	76	70 000	I 50 000
	30. „	—	16	27	42 [7])	96 [7])	—	
	4. Aug.	—	17	29	—	—	—	—
124	20. Juli	—	—	—	204	188	—	—
	21. „	schwach	5 120 [11])	4 88 [11])	—	—	I 40 000 II 40 000	I 12 000 II 12 000
	23. „	—	—	—	550 [12])	410 [12])	—	—
	28. „	stark kurz [3])	—	12	112	94	I 50 000 II 30 000	I 40 000 II 30 000
	30. „	—	—	—	66	54	—	—
	4. Aug.	—	41	34	—	—	—	—
125	20. Juli	—	—	—	1380	860	—	—
	21. „	schwach kurz	12	7	—	—	I 910 II 910	I 890 II 890
	23. „	—	—	—	700	580	—	—
	29. „	sehr schwach	2,3 0 [13])	2,3 0 [13])	—	—	910 >100 Mill. [13])	—
	30. „	—	0,4	—	0	—	—	—
	4. Aug.	—	0	—	—	—	∞	—
129	27. Juli	—	80 [4])	18 [4])	7 [4])	5 [4])	—	—
	28. „	schwach [3])	30	—	—	—	—	—
	29. „	—	16	27	2	3	10 Mill. [14])	7 Mill.
	4. Aug.	—	58	7	—	—	—	—

(Fortsetzung der Tabelle I.)

Nr.	Datum	Polar.	Electrom. bel. I	Electrom. bel. II	Galvanom. bel. I	Galvanom. bel. II	Widerstand dunkel	Widerstand beleuchtet
130	27. Juli	—	100	97	2000	900	—	—
	28. „	0	105	95	—	—	I 130 000 II 130 000	I 17 000 II 15 000
	29. „	—	79	80	560	685	I 130 000	I 24 000
	30. „	—	52	64	—	—	—	—
	3. Aug.	—	60	51	167	130	I 184 000	I 94 000 II 67 000
131	27. Juli	—	2,3	2,3	66	88	—	—
	28. „	—	0,8	0,8	—	—	—	—
	28. „	—	25 [13])	32 [13])	156 [13])	174 [13])	I 29 000 [13])	—
	28. „	—	52	50	—	—	II 29 000	II 13 000
	30. „	—	16	14	96	126	—	—

Anmerkungen zur Tabelle I.

1) Nach 49 Minuten Beleuchtung.

2) Nach 7 Minuten Beleuchtung.

3) Das Präparat wurde auch beleuchtet, wenn im Dunkeln ein Polarisationsausschlag vorhanden war. Das Nähere siehe Tabelle II.

4) Mit electrischem Licht beleuchtet.

5) Dieses Präparat wurde etwas anders hergestellt. Es wurde zuerst aus dem noch heissen Paraffinbad herausgenommen, rasch abgekühlt, und, als es so ganz unempfindlich wurde, wieder hineingethan und darin erkalten lassen.

6) Inductionsstrom hatte keine Wirkung.

7) Der Ausschlag nimmt bei längerer Beleuchtung etwas ab.

8) Beim Verdunkeln tritt erst in einigen Minuten der frühere Widerstand wieder ein.

9) Der Ausschlag blieb 6 Minuten, während welcher das Präparat beleuchtet wurde, ganz constant.

10) Mit diffusem Tageslicht beleuchtet.

11) Nach kurzer Polarisation.

12) Längere Zeit vollständig ungeschwächt.

13) Nach Hindurchlassen eines Inductionsstromes.

14) An einem der Platinspiegel ist ein Sprung.

In folgender Tabelle sind die Beobachtungen über die Lichtwirkung auf die polarisirten Präparate zusammengestellt. Die Zeichen der Potentialdifferenzen sind auf Seite I bezogen, die Potentialdifferenzen selbst sind in 0,001 Volt angegeben.

Tabelle II.

Nr.	Pot.-Diff. im Dunkeln	Beleuchtet	
		Seite	Aenderung d. Pot.-Diff.
108	+ 12	I	Abnahme 49
	−450	„	„ klein
	−300	„	Zunahme klein
	−210	„	„ 16
	− 88	„	„ 37
	+270	II	Abnahme 26
	+135	„	Zunahme 12
	+ 34	„	„ 34
	+ 16	„	„ 58
119	+stark	II	Abnahme 12
	+ 70	„	Zunahme 5
	− 52	„	Abnahme 7
	−stark	I	„ 7
	− 2,3	„	Zunahme 11
121	+120	II	Abnahme 16
	+ 43	„	„ 7
	+ 7	„	Zunahme 7
	+ 2	„	„ 7
123	+300	II	Abnahme 43
	+120	„	„ 16
	+ 30	„	Zunahme 21
	− 76	„	Abnahme 76
	− 4	„	„ 43
124	+ 2	I	Abnahme 48
	−375	„	„ 34
	− 16	„	Zunahme 21
	+stark	II	Abnahme 16
	+ 16	„	Zunahme 12
	+ 2	„	„ 27
	−stark	„	Abnahme 30
129	+ 7	I	Abnahme 26
	− 76	„	„ 16
	− 43	„	Zunahme klein

Die grösste beobachtete electromotorische Kraft war bei Nr. 120 und 124. Sie betrug 0,12 Volt in Sonnenlicht. Der grösste Widerstand ist der von Nr. 110, 900 000 und später 1,4 Mill. Ohm; abgesehen von 129, welches einen Sprung an dem einen Platinspiegel hatte, und 113, welches auf etwas andere Weise hergestellt worden war. Der Widerstand wurde durch Beleuchtung bis zu neunmal kleiner, eine von keinem meiner früheren Präparate erreichte Empfindlichkeit. Ferner zeichnen sich mehrere und gerade die empfindlichsten Präparate dadurch aus, dass die durch ihre Beleuchtung hervor-

gebrachten Ausschläge nicht nur im Electrometer, sondern auch im Galvanometer längere Zeit constant bleiben. Nr. 108 z. B. wurde am Tage nach seiner Herstellung stundenlang beleuchtet. Am Vormittag blieb der Ausschlag von 222 Scalentheilen im Galvanometer $1^h\ 30^m$ unverändert, kleinere auftretende Störungen erwiesen sich immer als Aenderungen des Nullpunktes. Am Nachmittag desselben Tages blieb dasselbe Präparat 2^h beleuchtet, und der Ausschlag sank nur gegen das Ende dieser Zeit äusserst langsam infolge der allmählichen Abnahme der Beleuchtung. Ebenso wurden Nr. 122 und 130 längere Zeit mit diffusem Tageslicht beleuchtet und zeigten am Galvanometer ganz constante Ausschläge, an welchen die kleinste Aenderung in der Intensität der Beleuchtung sich kundgab.

Eine weitere Eigenschaft dieser Präparate ist, dass das Licht momentan eine electromotorische Kraft hervorbringt, welche bei Verdunkelung momentan ohne jede Nachwirkung wieder verschwindet. Beim Verdunkeln ging sowohl das Electrometer als auch das Galvanometer augenblicklich vollständig auf Null zurück. Nur blieb meistens eine Nachwirkung bei der Aenderung des Widerstandes; gleich nach dem Verdunkeln war der Widerstand kleiner als vor dem Beleuchten. In höchstens 1—2 Minuten erreichte er wieder die frühere Grösse.

Zur Untersuchung, ob nicht irgend ein Zusammenhang existirt zwischen dem Widerstande der Präparate und der Abnahme desselben durch Beleuchtung möge folgende kleine Tabelle dienen. Columne 1 enthält die Widerstände der Präparate im Dunkeln, Columne 2 die Zahl, durch welche der Widerstand im Dunkeln dividirt werden muss, um den Widerstand bei der Beleuchtung zu bekommen. (Siehe Tabelle III p. 9).

Wir sehen trotz mancher Unregelmässigkeiten ein deutliches Maximum der Empfindlichkeit (in Bezug auf den Widerstand) für mittlere Widerstände zwischen 80 000 und 130 000. Die geringste Empfindlichkeit ist sowohl für sehr kleine, als auch für sehr grosse Widerstände vorhanden.

Tabelle III.

Nr.	1	2	Nr.	2	2
118	530	1,1		130 000	7,7
125	910	1,1		130 000	9,0
119	10000	1,7	130	130 000	5,4
	20000	1,7		184 000	2,0
122	27000	4,0		184 000	2,7
131	29000	2,2	123	500 000	3,6
124	40000	3,7		600 000	4,0
116	40000	2,0	110	1,4 Mill.	3,0
120	40000	2,5	129	10 „	1,4
121	80000	6,7			
	80000	8,0			

Vergleicht man in Tabelle I ebenso die electromotorische Erregbarkeit mit der Widerstandsempfindlichkeit, so lässt sich kein Zusammenhang bemerken, übereinstimmend mit der Angabe von Fritts.

Einige Tage vor Schluss der Beobachtungen wurden die zwei empfindlichsten Präparate Nr. 122 und 130 in kleine, flache Kästchen eingesetzt, welche ein gleichzeitiges Beleuchten des Präparates von beiden Seiten gestatteten. Wie zu erwarten war, verkleinerte die Beleuchtung der einen Seite den durch Beleuchtung der anderen Seite entstandenen Ausschlag. Es liess sich z. B. sehr leicht der durch diffuses Tageslicht (abends) erzeugte Ausschlag durch Beleuchtung der anderen Seite mit einer Gaslampe aus grösserer oder kleinerer Entfernung genau compensiren, sodass das Galvanometer auf Null zeigte. Die geringste Aenderung an der einen oder anderen Beleuchtung liess sich sogleich am Galvanometer erkennen. —

Liest man die Beschreibung der Fritts'schen[1]) Selenelemente, so sieht man, dass sie eine grosse Aehnlichkeit mit den meinigen besitzen. Sie geben bei der Beleuchtung einen Strom, welcher von der hinteren Messingplatte durch den Leiter zur vorderen Goldelectrode geht, mit anderen Worten, die beleuchtete Seite ist negativ, wie bei meinen Präparaten. Der Strom erscheint und verschwindet auch momentan. Leider gibt Fritts gar nichts an über die Grösse der electromotorischen Kraft und des

1) Fritts, Sill. Amer. J. (3) **26.** p. 465. 1883.

Widerstandes seiner Selenelemente, sodass sich in dieser Richtung kein directer Vergleich mit den meinigen anstellen lässt.

Der stärkste Strom, den ich mit meinen Selenelementen bekommen habe, war bei Nr. 122 am nächsten Tag nach seiner Herstellung und betrug $16 . 10^{-6}$ Amp. In den darauffolgenden Tagen aber sank diese Empfindlichkeit bedeutend, und gleichzeitig wuchs der Widerstand. Diese Aenderung findet bei allen Präparaten statt. Sie werden erst nach einiger Zeit constanter, und dann ist bei den meisten Präparaten der durch Sonnenlicht erzeugte Strom, mit dem Galvanometer von 6038 Ohm verbunden, $4—8 . 10^{-7}$ Amp.

Zwischen der Herstellung des ersten Präparates nach der endgültigen Methode und dem Schluss der Beobachtungen vergingen nur vier Wochen. Während der ersten Tage nach der Herstellung sank die Erregbarkeit ziemlich schnell und erreichte bald einen nur wenig abnehmenden Werth. Wie sich diese Präparate ferner halten werden, und hauptsächlich bei andauernder Benutzung, soll noch untersucht werden. Ich muss hier nur noch bemerken, dass die Präparate Nr. 122 und 130 von Hrn. Professor Kundt drei Wochen nach Schluss der Beobachtungen in Berlin untersucht wurden und bei diffuser Abendbeleuchtung erhebliche Ausschläge am Galvanometer hervorgebracht haben. Mitte October, also drei Monate nach ihrer Herstellung, wurden Nr. 122, 130, 131 noch einmal untersucht und gaben mit diffusem Tageslicht die zwei ersten ungefähr 40, Nr. 131 sogar 80 Scalentheile am Galvanometer.

b) Abhängigkeit von der Lichtintensität.

Erst nachdem die Methode der Herstellung dieser empfindlichen Präparate gefunden worden war, konnte daran gedacht werden, die Abhängigkeit der electromotorischen Kraft von der angewandten Lichtintensität zu untersuchen. Dazu wurden selbstverständlich die empfindlichsten Präparate benutzt. Es wurden allerdings aus Mangel an Zeit sehr wenige derartige Versuche ausgeführt.

Zuerst wurde die Lichtintensität dadurch geändert, dass

ein Argandbrenner oder die electrische Lampe in verschiedenen Entfernungen vom Präparat aufgestellt wurde, natürlich ohne dazwischen gestellte Linse. Es wurden dabei die Aenderungen der Ausschläge sowohl am Electrometer, als auch am Galvanometer beobachtet. In folgender Tabelle bedeuten die Zahlen in der letzten, mit „Potenz“ bezeichneten Spalte diejenige Potenz der Lichtintensität, welcher die Wirkung proportional ist. Die erste Zahl ist die Potenz für das Intervall der grösseren Lichtintensität, die zweite für das Intervall der kleineren Intensität.

Tabelle IV.

Nr. 108.

Gaslicht ohne Alaunlösung bel. I.				Electrisches Licht ohne Alaun bel. I.			
Cap.-Electr.	Entf.	Ausschl.	Potenz	Electrom.	Entf.	Ausschl.	Potenz
I	30 cm	7	0,90	III	70 cm	42	0,35
	60	2	0,85		140	25,7	0,94
	90	1			210	12	
Galvanom. II	30 cm	4,5	0,79	Galvanom. IV	70 cm	35	0,66
	60	1,5	0,77		140	14	0,74
	90	0,8			210	7,7	

Nr. 115.

Gaslicht ohne Alaun bel. II.				Electrisches Licht ohne Alaun bel. II.			
Galvanom.	Entf.	Ausschl.	Potenz	Electrom.	Entf.	Ausschl.	Potenz
V	50 cm	10,5	1,00	VI	70 cm	13	0,17
	100	2,6	0,95		140	10,3	0,73
	150	1,2			210	5,7	
				Galvanom. VII	70 cm	10	0,47
					140	5,2	0,49
					210	3,5	

Nr. 120.

Gaslicht ohne Alaun. Galvanometer.				Gaslicht mit Alaun. Galvanometer.			
	Entf.	Ausschl.	Potenz		Entf.	Ausschl.	Potenz
bel. I VIII	20 cm	187	0,75	bel II. XI	40 cm	9,2	1,01
	40	68	0,72		80	2,3	1,03
	60	38			120	1,0	
bel. I IX	40 cm	40,8	0,77	bel. I XII	40 cm	33	0,94
	80	14,0	0,80		80	9	1,00
	120	7,3			120	4	
bel. I X	40 cm	89,0	0,85	bel. I XIII	40 cm	47,5	0,91
	80	27,3	1,10		80	13,5	1,11
	120	11,2			120	5,5	

Nr. 122. Gaslicht ohne Alaun. Galvanometer.

Erste Ausschläge beob.		Entfernung	Ausschlag	Potenz
bel. I	XIV	20	46,5	0,95
		40	12,5	1,01
		60	5,5	
bel. II	XV	20	28,3	0,99
		40	7,2	1,08
		60	3,0	

Ausserdem wurde die Lichtintensität noch auf eine andere Weise geändert. Ein vom Heliostat kommendes Strahlenbündel wurde durch 2 Nicols, welche dicht vor dem Selenelement standen, hindurchgeschickt; das eine Nicol wurde gedreht und die Ausschläge für die Einstellungen 90°, 60° und 0° beobachtet. Diese entsprechen respective den Intensitäten 0, 1 und 4; vor den Nicols stand das Alaungefäss.

In folgender Tabelle sind die Ausschläge für die Einstellungen 60° und 0° und entsprechend 120° und 180° zusammengestellt, nach Abzug der bei Einstellung 90° (Intensität 0) entstandenen Ausschläge.

Tabelle V.

Nr. 130	Einstell. d. Nicol	Ausschl.	Potenz	Ausschl.	Potenz	Ausschl.	Potenz
Galvanometer	60°	39,5	0,57	27,0	0,62	38,3	0,57
	0°	87,5		63,5		84,0	
	120°	45,0	0,46	30,2	0,49	—	—
	180°	85,0		59,6		—	
Electrometer	60°	6,0	0,61	6,0	0,56	6,0	0,66
	0°	14,0		13,0		15,0	
	120°	11,0	0,59	10,5	0,63	8,0	0,70
	180°	25,0		25,0		21,0	

Betrachten wir zunächst die mit Beleuchtung aus verschiedenen Entfernungen gemachten Beobachtungen, so sehen wir, dass die Versuche V, XI, XII, XIII, XIV, XV für die Potenz Werthe liefern, welche sehr nahe der Einheit liegen. Also änderte sich bei diesen Versuchen die Wirkung proportional der Intensität der Beleuchtung. Sehen wir jetzt nach, wodurch sich diese Versuche von den anderen unterscheiden, so bemerken wir, dass sie alle mit Gaslicht ausge-

führt wurden, und bei ihnen die Erhöhung der Temperatur mehr ausgeschlossen, und auch die angewandte Lichtintensität kleiner war als bei den anderen Messungen. Denn XI, XII, XIII wurden mit Benutzung der Alaunlösung gemacht, bei XIV und XV wurden nur die ersten Ausschläge beobachtet, und bei V war die kleinste Entfernung grösser als sonst. Nach diesen kommen mit etwas kleinerer Potenz die Versuche mit Gaslicht ohne Alaunlösung I, II, VIII, IX, X, und zuletzt die mit dem electrischen Licht gemachten Versuche mit bedeutend kleinerer Potenz (ungefähr 0,5, d. h. der Quadratwurzel, einmal sogar 0,17, beinahe der sechsten Wurzel aus der Lichtstärke proportional). Wir müssen also diese langsamere Zunahme bei den zuletzt erwähnten Versuchen sowohl der stärkeren Beleuchtung, als auch der Wärmewirkung zuschreiben.

Das erstere bestätigt die theoretischen Betrachtungen von Hesehus[1]), nach welchen für stärkere Beleuchtung die Zunahme der Leitungsfähigkeit kleiner ist als für schwächere Beleuchtung. Dass aber die Wärmewirkung der Lichtwirkung entgegengesetzt ist, geht ganz deutlich hervor aus der Beobachtung am Präparat Nr. 120. Die Hälfte der Messungen wurde unter sonst gleichen Bedingungen ohne Alaunlösung, die andere Hälfte mit derselben gemacht, und deutlich zeigt sich die langsamere Zunahme bei der ersten Hälfte, wo die Wärmestrahlen nicht absorbirt wurden.

Von den angeführten Beobachtungen wurden die meisten am Galvanometer, einige am Electrometer gemacht.

Vergleichen wir nun die bei Benutzung von electrischem Licht ohne Alaunlösung gemachten electrometrischen Messungen III und VI mit den entsprechenden galvanometrischen IV und VII, so sehen wir, dass bei den ersteren die Potenzen für stärkere Beleuchtung bedeutend kleiner sind, als diejenigen für schwächere Beleuchtung. Bei den galvanometrischen Messungen dagegen zeigen die Potenzen einen viel geringeren Unterschied und fallen ihrer Grösse nach

1) Hesehus, Journ. d. russ. phys.-chem. Ges. **15.** p. 201. 1884; Carl's Rep. **20.** p. 630. 1884.

zwischen jene zwei. Die am Galvanometer gemessenen Ausschläge unterscheiden sich von denen am Electrometer gemessenen dadurch, dass sie nicht nur durch die electromotorische Kraft, sondern auch zugleich durch den Widerstand des Präparates bedingt werden, und so können wir folgendes schliessen:

Für starke Beleuchtung (Wärme nicht ausgeschlossen) ist die infolge der wachsenden Lichtintensität entstehende Zunahme der electromotorischen Kraft kleiner als die der Leitungsfähigkeit, für schwächere Beleuchtung grösser; also nimmt mit wachsender Lichtintensität die Zunahme der electromotorischen Kraft viel schneller ab, als diejenige der Leitungsfähigkeit.

Die in Tabelle V zusammengestellten Versuche mit gekreuzten Nicols zeigen für die Potenz Werthe, welche nicht sehr von 0,5 verschieden sind; d. h. die Wirkung ist annähernd der Quadratwurzel aus der Lichtintensität proportional.

c. Wirkung der verschieden brechbaren Lichtstrahlen.

Zur Untersuchung der Wirkung der verschieden brechbaren Lichtstrahlen wurde anfangs das Sonnenlicht durch farbige Gläser hindurchgelassen. Es zeigte sich aber bei spectraler Untersuchung der Gläser, dass jedes von ihnen mehrere Lichtsorten hindurchliess, sodass gar kein Vergleich zwischen den Wirkungen möglich war. Sonnenlicht, welches durch eine Lösung von schwefelsaurem Chinin gegangen war, also beinahe keine ultravioletten Strahlen mehr enthielt, übte fast die gleiche Wirkung aus, wie gewöhnliches Sonnenlicht. Das Electrometer gab z. B. ohne Chininlösung bei zwei Präparaten 70 und 12 Scalentheile, und mit Chininlösung resp. 67 und 8,5. Daraus ist zu schliessen, dass die ultravioletten Strahlen, wenn überhaupt, so doch nur eine äusserst geringe Wirkung auf die Selenelemente ausüben.

Nun wurden einige Versuche an zwei Präparaten mit den verschiedenen Theilen des Spectrums des electrischen Bogenlichtes gemacht. Dabei wurde dasselbe theils mit einem Prisma, theils mit einem Diffractionsgitter hergestellt. Zu

diesen Messungen wurde auf den Präparatkasten vor die Oeffnung ein Cartonschirm mit einem 1 cm breiten Schlitz aufgeklebt. Auf diesen Schirm wurde ein möglichst lichtstarkes und reines Spectrum von ca. 15 cm Länge entworfen. Der Kasten konnte dem Spectrum entlang verschoben werden, sodass durch den Schlitz ein immer gleich breiter Streifen von einem beliebigen Theile des Spectrums auf das Präparat fiel. Da der Schirm am Kasten befestigt war, so fiel das Licht immer auf dieselbe Stelle des Präparates. In folgender Tabelle sind die Resultate zusammengestellt.

Tabelle VI.

	Prisma Nr. 120		Nr. 122	Nr. 120. Gitter				
	Elect.	Galv.	Galv.	Electrometer			Galvanom.	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Ultraroth	0,5	2,9	—	1,5	—	—	—	—
Ultraroth-Roth	1	8,5	1,7	—	—	—	3,2	—
Roth	5	27	16,2	2	4,5	—	5,6	4,0
Roth-Orange	9	38,2	—	3,2	6,5	3,5	11,8	7,1
Orange	13	38	—	—	7	—	—	—
Orange-Gelb	14	46	34,7	—	—	—	13,9	8,5
Gelb-Grün	11,5	37	30,5	4	6	4,5	15,6	12
Grün	—	—	20,7	4	—	—	16	7,2
Grün-Blau	11	35,2	9,7	3,5	6	4	15,8	6,4
Blau	8	29	4,2	—	—	—	—	—
Dunkelblau	7	26,9	—	—	—	—	—	6,3
Dunkelblau-Violett .	6	19,1	—	—	4	—	—	—
Violett	3,5	14,1	2,1	—	4	—	—	4,4
Violett-Ultraviolett .	1,5	8,0	1,3	—	—	—	—	—
Ultraviolett	1	3,8	0,5	—	—	—	—	—
Ultraviol. noch weiter	1	2,0	—	—	—	—	—	—

Wir sehen, dass das Maximum der Wirkung beim Prismenspectrum auf orangegelb, beim normalen auf gelbgrün bis grün fällt. Nach den Messungen von Langley[1], fällt das Maximum der Energie im Prismenspectrum ins Ultrarothe, im normalen Spectrum auf das Gelbe in die Nähe der Linie *D*. Es ist also keine Abhängigkeit vorhanden zwischen der Energievertheilung im Spectrum und der Wirkung auf die Selenpräparate. Vielmehr ist die Wirkung offenbar abhängig von der Wellenlänge des benutzten Lichtes.

1) Langley, Ann. d. chim. et d. phys. (5) 25. p. 211. 1883.

Für Electrometer- und Galvanometermessungen sind die Maxima wenigstens bei Anwendung des Prismenspectrums dieselben, und die in gleichem Maassstabe gezeichneten Curven sind beinahe identisch. Daraus kann man schliessen, dass die verschiedenen Theile des Spectrums im gleichen Verhältniss auf die Entstehung der electromorischen Kraft und auf die Abnahme des Widerstandes wirken.

d. Beobachtungen an den früheren, im Sandbade krystallinisch gemachten Präparaten.

Sehr viele Beobachtungen wurden mit denjenigen Präparaten ausgeführt, welche hergestellt wurden, ehe die endgültige Methode gefunden war. Es wurden 44 solche Präparate untersucht. Sie bestanden aus einem entweder auf Messingblech oder Glas geschmolzenen und im Sandbade krystallinisch gemachten Selenscheibchen, welches mit einer Klemme zwischen zwei Platingläsern gehalten wurde. Bei einigen bestand nur die eine Electrode aus Platinglas, die andere bildete das Messingblech, auf dem das Selen geschmolzen worden war. Sie konnten daher nur von einer Seite beleuchtet werden. — Solche Präparate mit einer Messing- und einer Platinelectrode zeigten gewöhnlich nach ihrer Herstellung eine Potentialdifferenz Pt. pos. Die anderen, welche zwei Platinelectroden hatten, zeigten gewöhnlich gar keine oder eine nur sehr schwache Potentialdifferenz im Dunkeln. Diese Präparate hatten meistens einen sehr grossen Widerstand infolge des mangelhaften Contactes zwischen Selen und Pt-Spiegel. Gewöhnlich war er zwischen 1 Mill. und 30 Mill. Ohm. Infolge davon war es unmöglich, das Galvanometer zu benutzen.

Die Mehrzahl dieser Präparate zeigte eine gleichartige Erregbarkeit, wie die zuerst beschriebenen, nur durchschnittlich in geringerem Maasse. Die beleuchtete Seite wurde in der Regel negativ. Die meisten waren polarisirbar, und viele von ihnen zeigten, wenn sie im polarisirten Zustande beleuchtet wurden, dieselben Erscheinungen, wie die schon besprochenen, nämlich bei genügend grossem Polarisationsausschlag bewirkte das Licht, auf welche Seite es auch fiel, immer

eine Abnahme des Ausschlages. Diese Grenze der Polarisation war viel weniger weit hinausgerückt, als bei den empfindlicheren Präparaten.

Vier Präparate, deren Selenscheibchen auf Messing geschmolzen worden waren, zeigten folgende Eigenthümlichkeit. Die Richtung der Beleuchtung ändert die Richtung des Stromes nicht. Also wird die eine Seite bei der Beleuchtung negativ, wie sie sein soll, die andere aber, wenn sie beleuchtet wird, positiv. Immer ist aber die Potentialdifferenz grösser, wenn die normale Seite dem Lichte ausgesetzt ist, d. h. diejenige Seite, welche negativ wird. Als Beispiel mögen folgende Zahlen dienen. Sie bedeuten 0,001 Volt.

Beleuchtet	Seite I.	Beleuchtet	Seite II.
I pos.	0,8	I pos.	5
„	0,4	„	4
„	1,6	„	23
„	5,0	„	34

bei einem anderen Präparat:

Beleuchtet	Seite I.	Beleuchtet	Seite II.
I neg.	22	I neg.	4.

In einem Präparat wurde zum Selen ca. 5 Proc. Schwefel hinzugesetzt; es zeigte ganz normale Empfindlichkeit; ein Zeichen, dass innerhalb dieser Grenzen solche Beimengungen ohne Einfluss sind.

Mit der Zeit nehmen der Widerstand und zugleich die Empfindlichkeit bei vielen Präparaten stark ab. Der Wechselstrom eines kleinen Inductors vergrösserte in der Regel beide. Viele Präparate, welche mit der Zeit ihre ganze Empfindlichkeit verloren hatten, und solche, welche nach ihrer Herstellung gar keine zeigten, gelang es, mittelst des Inductionsstromes auf längere oder kürzere Zeit empfindlich zu machen. Zwei Präparate, welche ganz variable Eigenschaften gezeigt hatten, bald normal und bald anomal gewesen waren und dann jede Empfindlichkeit verloren hatten, wurden durch den Inductionsstrom auf längere Zeit ganz normal empfindlich gemacht. Als Beispiel mögen folgende an Präparat Nr. 75 gemachten Beobachtungen angeführt werden. Das Präparat zeigte während der fünf ersten Tage eine

normale Erregbarkeit bis zu 0,06 Volt. Dann wurde dieselbe sehr variabel, sodass gar keine Gesetzmässigkeit aufgefunden werden konnte. Nicht nur die Grösse, sondern auch der Sinn der durch Beleuchtung entstandenen Ausschläge änderte sich während der kurzen Dauer einer Versuchsreihe. Der Widerstand war dabei im Dunkeln 390000 Ohm. Aber schon nach acht Tagen verursachte die Beleuchtung gar keine Potentialdifferenz mehr, das Präparat war unempfindlich geworden. Der hindurchgelassene Inductionsstrom machte es wieder empfindlich, und zwar normal bis 0,088 Volt. Der Widerstand wurde ca. 5 Mill. Ohm. Nach 14 Tagen abermalige Unempfindlichkeit und Wiederherstellung durch den Inductionsstrom normal bis 0,048 Volt. Widerstand vor dem Inductionsstrom 4600 Ohm, nachher 4 Mill. und nach längerem Hindurchschicken desselben 8 Mill. Nach fünf Wochen wieder untersucht, wieder unempfindlich. Wiederherstellung durch den Inductionsstrom bis 0,034 Volt.

VI. Zusammenfassung der erhaltenen Resultate.

1) Das Licht ruft in den von mir hergestellten Selenpräparaten eine electromotorische Kraft hervor, wobei die beleuchtete Seite den negativen Pol des Elementes bildet. Im Dunkeln verschwindet diese electromotorische Kraft vollständig.

2) Bei einigen Präparaten ist, welche Seite auch beleuchtet wird, immer dieselbe Seite negativ und die andere positiv; dabei ist immer die Potentialdifferenz grösser, wenn die Beleuchtung normal wirkt, d. h. wenn die negativ erregbare Seite beleuchtet wird.

3) Werden die beiden Pole des Selenpräparates durch einen metallischen Leiter verbunden, so fliesst durch denselben ein Strom vom dunkeln Pole zum beleuchteten stundenlang in unveränderlicher Stärke.

4) Durch gleichzeitige Beleuchtung der anderen Seite des Präparates kann die electromotorische Kraft geschwächt oder durch passende Regulirung ganz compensirt werden.

5) Die Lichtwirkung ist momentan; beim Verdunkeln verschwindet der Strom sogleich ohne Rückstand vollständig.

6) Viele Präparate sind polarisirbar. Dies ist aber durchaus nicht Bedingung für die Erregbarkeit derselben, denn viele von den am meisten erregbaren Präparaten sind gar nicht oder nur schwach polarisirbar.

7) Ist schon im Dunkeln eine durch Polarisation entstandene, genügend grosse electromotorische Kraft vorhanden, so bewirkt die Beleuchtung, auf welche Seite sie auch fällt, immer eine Verkleinerung derselben. Ist dagegen die vorhandene Polarisation geringer, so wirkt die Beleuchtung ganz normal, wie in 1) angegeben. Diese Grenze ist bei den verschiedenen Präparaten sehr verschieden.

8) Gewöhnlich nimmt mit der Zeit der Widerstand der Präparate ab und zugleich auch ihre electromotorische Erregbarkeit.

9) Wechselströme eines kleinen Inductors vergrössern gewöhnlich den Widerstand bedeutend und zugleich die Erregbarkeit. Mit der Zeit ganz unempfindlich gewordene Präparate können auf diese Weise auf längere oder kürzere Zeit wieder erregbar gemacht werden. Manchmal macht der Inductionsstrom die anomalen Präparate normal.

10) Für schwache Beleuchtung und zugleich bei möglichstem Ausschluss von Wärme wächst der Strom proportional der Lichtintensität, für stärkere Beleuchtung (Wärme nicht ausgeschlossen) bedeutend langsamer. Für letztere scheint die electromotorische Kraft langsamer zu wachsen als die Leitungsfähigkeit.

11) Im Brechungsspectrum üben die orangegelben Strahlen das Maximum der Wirkung aus, im Beugungsspectrum die gelbgrünen.

VII. Theoretischer Theil.

Zur Erklärung der Widerstandsänderung des Selens bei der Beleuchtung und Erwärmung machte zuerst Siemens[1]), gestützt auf seine eigenen Versuche, einige Hypothesen. Später stellten sowohl Hesehus, als auch Bidwell eine Theorie auf,

1) Siemens, Wied. Ann. 2. p. 542. 1877.

allerdings ganz verschiedene Wege einschlagend. Hesehus[1]) hielt sich näher an die Siemens'schen Annahmen. Er nimmt an, die Präparate bestehen aus mehreren allotropen Modificationen des Selens, von denen die eine vom Lichte dissociirt wird. Die so entstandene niederere[2]) Modification leitet besser als die frühere. Im Dunkeln geht diese niederere Modification in die höhere wieder zurück.

Bidwell[3]) behauptet, dass man es nie mit chemisch reinem Selen zu thun habe; das käufliche Selen enthält immer Spuren von Metallen. Diese sowohl, wie das Metall der Electroden, verbinden sich mit dem geschmolzenen Selen und bilden Selenide. Nach Bidwell wäre es nicht unmöglich, dass die Leitungsfähigkeit des krystallinischen Selens nur von den in demselben enthaltenen Unreinheiten herrühre, und dass vollständig reines Selen auch im krystallinischen Zustande ein Nichtleiter sei. Die Selenidtheilchen, welche beim amorphen Zustande des Selens von der isolirenden Masse umgeben waren, können, wenn dasselbe krystallisirt, zusammenhängende leitende Adern zwischen den einzelnen Krystallen bilden. Angestellte Versuche zeigten, dass schon ein geringer Zusatz von Graphitpulver krystallinisch erstarrenden Schwefel leitend macht, während Schellack trotz viel grösserer Mengen Graphitpulver ein vollständiger Isolator bleibt. Ferner zeigte möglichst reines Selen, welches beim Erwärmen mit keinem Metall in Berührung kam, auch im krystallinischen Zustande einen sehr grossen specifischen Widerstand. Die Widerstandsabnahme durch Beleuchtung muss dann dadurch erklärt werden, dass das Licht die Krystallisation befördert, und damit sich mehr zusammenhängende leitende Adern bilden.

In hohem Grade unterstützt wird diese Theorie durch

1) Hesehus, Journ. d. russ. phys.-chem. Ges. **15.** p. 146. 1884; Carl's Rep. d. Phys. **20.** p. 564. 1884.

2) Entgegengesetzt der Bezeichnungsweise von Hesehus wird hier, wie gebräuchlich, die durch Dissociation entstandene Modification, deren Molecüle einfacher zusammengesetzt sind, die „niederere" genannt.

3) Bidwell, Phil. Mag. (5) **20.** p. 178. 1885.

viele Versuche mit Schwefel, dem Silbersulfid beigemengt war. Als Electroden dienten Silberbleche. Solche Präparate zeigten ganz ähnliche Widerstandsänderungen wie die Selenpräparate. Ferner machte Bidwell eben solche Zellen mit verschiedenen Electroden, z. B. einer von Ag und die andere von Cu, und bekam Ströme im Dunkeln vom Ag zum Cu. Beim Beleuchten durch die durchsichtige Silberelectrode wurde der Ausschlag kleiner, um beim Verdunkeln die frühere Grösse wieder zu erreichen. Ob Präparate mit gleichen Electroden bei der Beleuchtung eine electromotorische Kraft geben, scheint nicht untersucht worden zu sein.

Ich muss aber bemerken, dass nach meinen Beobachtungen sich kein merklicher Unterschied zeigte, ob das Präparat auf Messing, auf Platin oder auf Glas geschmolzen wurde. Ferner änderten 5 Proc. Schwefel, die zu einem Präparate zugesetzt wurden, wie schon erwähnt, die Eigenschaften desselben nicht. Dies beweist, dass die Quantität der fremden Metalle innerhalb dieser Grenzen von ganz untergeordnetem Einflusse ist.

Der Umstand, dass der durch Beleuchtung entstehende Strom stundenlang ungeschwächt dauert, und ebenso das momentane Erscheinen und Verschwinden desselben ohne jede Nachwirkung, veranlasste Fritts, die Vermuthung auszusprechen, dass es sich dabei um eine directe Transformation der Lichtenergie in electrischen Strom handle. Ein Punkt in meinen Resultaten scheint mir dagegen zu sprechen, nämlich die auf einige Präparate anomale Wirkung des Lichtes (s. Zusammenfassung der Resultate Nr. 2). Bei einer directen Umsetzung von Lichtschwingungen in electrische Energie müsste ihre gegenseitige Richtung immer dieselbe sein.

Es wäre interessant, zu untersuchen, ob nicht eine messbare Zeit zur Wirkung des Lichtes nöthig ist.

Zur Erklärung meiner Resultate mache ich folgende Hypothesen:

1) Das Selen der Präparate besteht aus einem Gemisch mehrerer Selenmodificationen. Darunter sind folgende zwei:

A) „Lichtempfindliche“ Modification, welche vom Lichte auf irgend eine Weise in eine andere übergeführt wird.

B) „Electrolytische“ Theilchen, welche ebenso gut eine Lösung zweier Selenmodificationen sein können, welche durch den Strom getrennt werden, als auch einfach ein Selenid, das durch Verbindung des Selens mit den beigemengten Metallen entstanden ist.

2) Das Licht wirkt auf doppelte Weise:

a) es führt die „lichtempfindlichen“ Theilchen (A) in andere über, welche positiv[1]) sind gegen die ersteren;

b) es befördert die Wiedervereinigung der durch den Strom zersetzten „electrolytischen“ Theilchen (B).

Damit soll nun Folgendes erklärt werden:

1) Beleuchtung ruft eine electromotorische Kraft hervor in dem Sinne, dass die beleuchtete Seite den negativen Pol bildet. Bei einigen Präparaten ändert sich durch Umkehrung der Beleuchtung die Richtung der electromotorischen Kraft nicht; dabei ist aber die electromotorische Kraft immer grösser, wenn die beleuchtete Seite negativ, als wenn sie positiv wird.

Ein Präparat ist desto mehr durch das Licht erregbar, je mehr lichtempfindliche Theilchen vorhanden sind. Dass der Strom durch die Beleuchtung ungeschwächt fortdauert, erklärt sich dadurch, dass die durch die Ausgleichung der Potentialdifferenz zurückgebildeten lichtempfindlichen Selentheilchen sofort wieder durch das Licht in die positive Modification übergeführt werden. Für grössere Lichtintensitäten, wenn schon beinahe alle empfindlichen Theilchen in Verwendung kommen, muss die Zunahme der electromotorischen Kraft mit wachsender Intensität langsamer sein. Nun könnte es vorkommen, wenn ein Präparat sehr dünn ist, dass die Lichtstrahlen durch das Selen hindurch auch die hinteren Schichten beleuchten. Sind die empfindlichen Theilchen gleichmässig im Präparat vertheilt, so zeigt sich die beleuchtete Seite immer negativ, da sie ja stärker beleuchtet ist, als die hintere. Sind an der einen Seite des Präparates viel mehr lichtempfindliche Theilchen vorhanden, als an der anderen, so kann es vorkommen, dass, wenn die weniger empfindliche

1) Wie Zink gegen Kupfer im Daniell'schen Elemente.

Seite beleuchtet wird, an der hinteren empfindlicheren Seite mehr Theilchen in die niederere Modification übergeführt werden, als an der vorderen, und somit die hintere Seite negativ wird. Wird jetzt die empfindlichere Seite beleuchtet, so wird sie wiederum negativ, nur in stärkerem Maasse als vorher. Dies ist in der That bei den Versuchen der Fall.

2) Einige Präparate sind polarisirbar, andere nicht. Die Erregbarkeit hängt nicht ab von der Polarisirbarkeit.

Wenn wir annehmen, dass in der Selenmasse kleine electrolytisch zersetzbare Theilchen vorhanden sein können, so können wir sie als kleine Zersetzungszellen ansehen, deren Electroden von den angrenzenden, nicht electrolytischen Theilen der Masse gebildet werden. Dann hängt die Stärke der Polarisation offenbar nicht nur von der Anzahl dieser electrolytischen Theilchen, sondern auch von der Lage derselben ab. Dieselbe muss grösser sein, wenn diese Theilchen mehr hintereinander, als wenn sie mehr nebeneinander verbunden sind. Dass die Erregbarkeit durch Beleuchtung unabhängig ist von der Polarisirbarkeit, erklärt sich dadurch, dass diese zwei Erscheinungen von verschiedenen Selenmodificationen bedingt werden, welche ganz unabhängig von einander in der Selenmasse vorhanden sein können.

3) Bei vorhandener genügend grosser Polarisationskraft entsteht durch Beleuchtung immer eine Abnahme derselben, von welcher Seite auch das Präparat beleuchtet wird.

Ein solches polarisirtes Präparat besteht also nach unserer Anschauung aus einer Selenmasse, welche eine bestimmte Anzahl von durch den vorhergegangenen Strom in seine Bestandtheile zersetzten Theilchen enthält. Das Licht befördert die Wiedervereinigung dieser Bestandtheile und verursacht infolge dessen, von welcher Seite es auch das Präparat trifft, immer eine Abnahme des Ausschlages. Die Grösse dieser Abnahme muss bis zu einer gewissen Grenze proportional sein der vorhandenen Polarisationskraft, wie es auch der Versuch zeigt. Befinden sich aber im Präparate, wie es immer der Fall ist, ausser diesen electrolytischen auch lichtempfindliche Theilchen, so führt sie ein Theil des Lichtes in die positive Modification über. Auf ein solches Präparat

wirkt also das Licht auf doppelte Weise. Es verkleinert den schon vorhandenen Ausschlag und macht zugleich die beleuchtete Seite zum negativen Pol. Die am Electrometer beobachtete Lichtwirkung ist das Resultat beider, und zwar hat man, wenn die beleuchtete Seite schon im Dunkeln positiv war, die Summe der zwei Wirkungen, wenn sie dagegen negativ war, die Differenz derselben. Im ersten Falle haben wir immer eine Abnahme des Ausschlages. Im zweiten Falle dagegen kann durch Beleuchtung eine Abnahme oder eine Zunahme des Ausschlages stattfinden, je nachdem mehr oder weniger durch den Strom zersetzte electrolytische Theilchen vorhanden sind. Die Anzahl der lichtempfindlichen Theilchen kann als constant angenommen werden, die Anzahl der zersetzten electrolytischen Theilchen aber nimmt mit der Grösse des Polarisationsausschlages zu; dieser kann als ein angenähertes Maass für die Anzahl derselben angesehen werden. Ist nun vorerst der Polarisationsausschlag = 0, d. h. sind keine zersetzten Theilchen vorhanden, so entsteht durch Beleuchtung eine bestimmte Potentialdifferenz (beleuchtete Seite negativ). Wird jetzt das Präparat schwach polarisirt, so treten beide Lichtwirkungen zugleich auf und wirken entgegengesetzt. Es können nun für eine bestimmte Polarisation beide entgegengesetzte Wirkungen gleich gross sein und sich aufheben. Dies ist die Grenze, für welche die Beleuchtung gar keine Aenderung des Ausschlages verursacht. Bei schwächerer Polarisation überwiegt die Wirkung des Lichtes auf die empfindlichen Selentheilchen (der Ausschlag nimmt zu), bei stärkerer diejenige auf die electrolytisch zersetzten Theilchen (der Ausschlag nimmt ab).

Diese Grenze, wo das Licht gar keine Wirkung ausübt, ist bei verschiedenen Präparaten eine sehr verschiedene; z. B. Präparat Nr. 9 war unempfindlich bei einer Polarisation von 0,004 Volt. Nr. 100 bei einer solchen von ca. 0,1 Volt und Nr. 108 erst bei einer Polarisation von 0,3 Volt. Es scheint, wie es auch zu erwarten ist, dass die Grenze desto weiter hinausgeschoben ist, je empfindlicher das Präparat ist, d. h. je mehr lichtempfindliche Theilchen es enthält.

Hesehus erklärt die Wirkung der Inductionsströme

lediglich dadurch, dass sie, wie mechanische Erschütterungen, die Rückkehr in die Gleichgewichtslage beschleunigen; diese Rückkehr verlaufe infolge der auftretenden Nachwirkung von selbst nur äusserst langsam. Ich habe eine Vergrösserung des Widerstandes und eine Wiederherstellung der früheren Empfindlichkeit bei einer sehr grossen Anzahl von Präparaten beobachtet, bei welchen, nachdem sie lange Zeit ungebraucht geblieben waren, der Widerstand sich verkleinert hatte, und die Empfindlichkeit verschwunden war. Nehmen wir nun als Grund davon ein allmähliches Uebergehen des Selens in besser leitende und weniger empfindliche Modificationen an, so müssen wir dem Inductionsstrom nothwendig die Fähigkeit zuschreiben, diese Modificationen wieder in die früheren zurückzubilden.

Phys. Institut der Univ. Strassburg, im Oct. 1887.

Lebenslauf.

Ich, Wsewolod von Uljanin, Sohn des kais. russ. Collegien-Assessors a. D. Alexander von Uljanin, wohnhaft in München, wurde am 2. Februar 1863 zu Moskau geboren. Nachdem ich Ostern 1882 das Karlsgymnasium in Stuttgart absolvirt hatte, ging ich nach Dorpat, wo ich mir durch bestandenes Nachexamen in der russischen Sprache das Recht der Immatriculirung an einer russischen Universität erwarb. Von Herbst 1882 bis Ostern 1886 studirte ich an der Universität in München und hörte zugleich als Hospitant Vorlesungen an der Technischen Hochschule. Seit Ostern 1886 bin ich an der Universität Strassburg immatriculirt. In München hörte ich Vorlesungen an der Universität bei den Herren v. Baeyer, Bauer, Grätz, v. Jolly, Narr, Planck, Pringsheim, Seeliger, an der Technischen Hochschule bei den Herren v. Beetz, v. Bezold, Bischoff, Brill, Dyck, Edelmann, Lang. In Strassburg hörte ich die Herren Christoffel, Kundt, Reye, Stenger. Ausserdem arbeitete ich in den Laboratorien der Herren v. Baeyer, v. Beetz und Kundt.

Ihnen allen fühle ich mich zu grossem Danke verpflichtet, namentlich aber Hrn. Prof. Kundt, auf dessen Veranlassung und unter dessen gütiger Leitung die vorliegende Arbeit ausgeführt wurde.
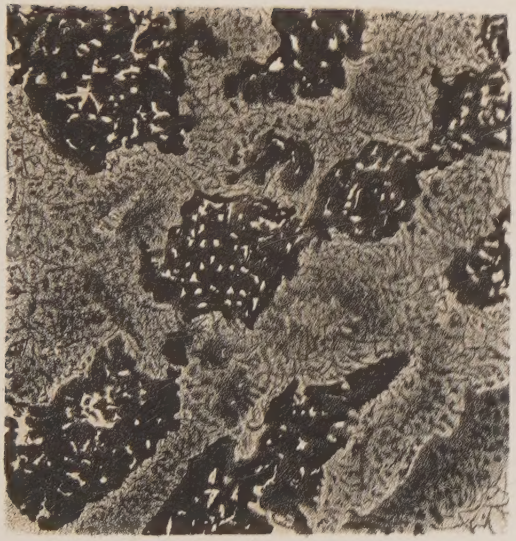
Fig. 1.